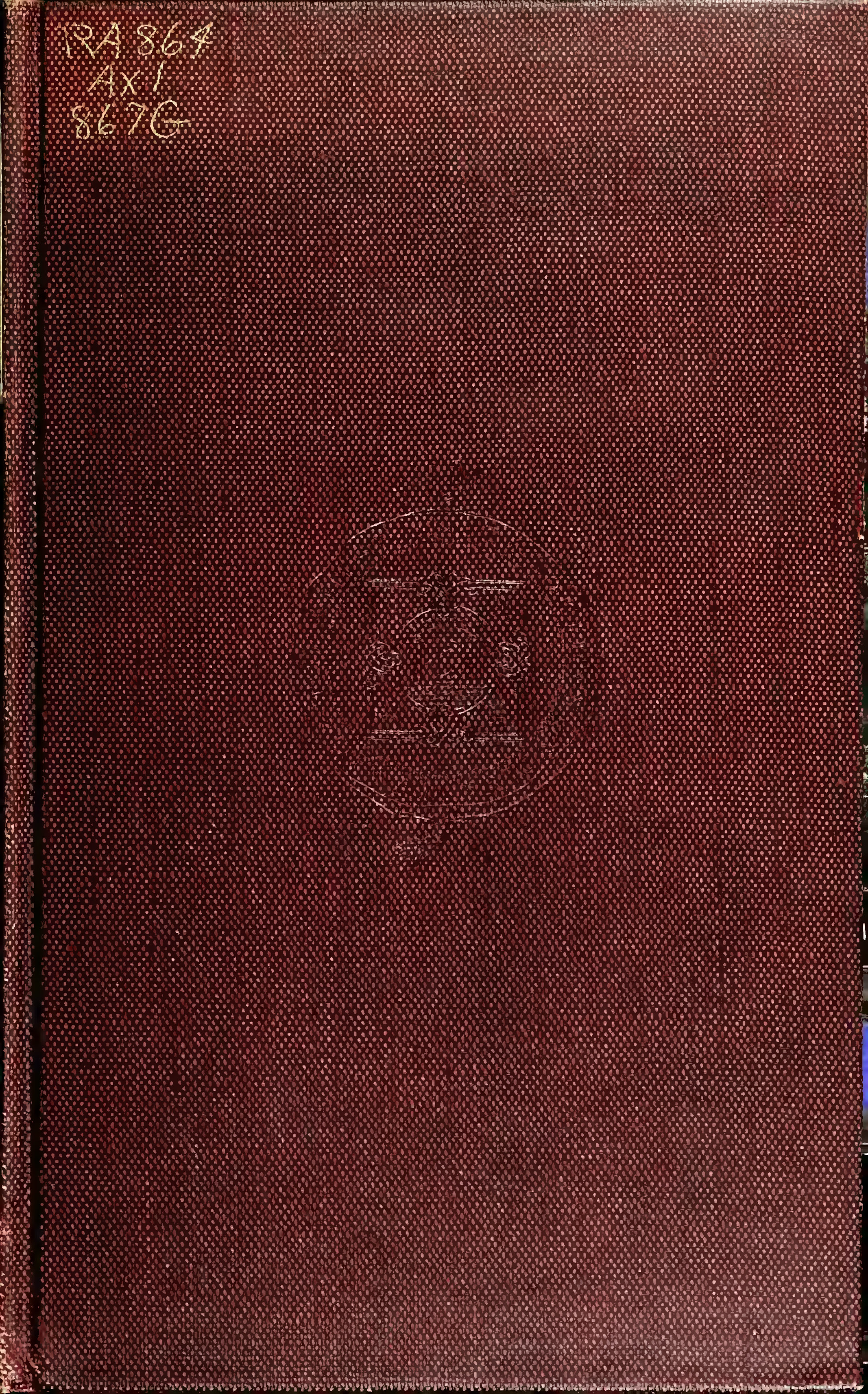
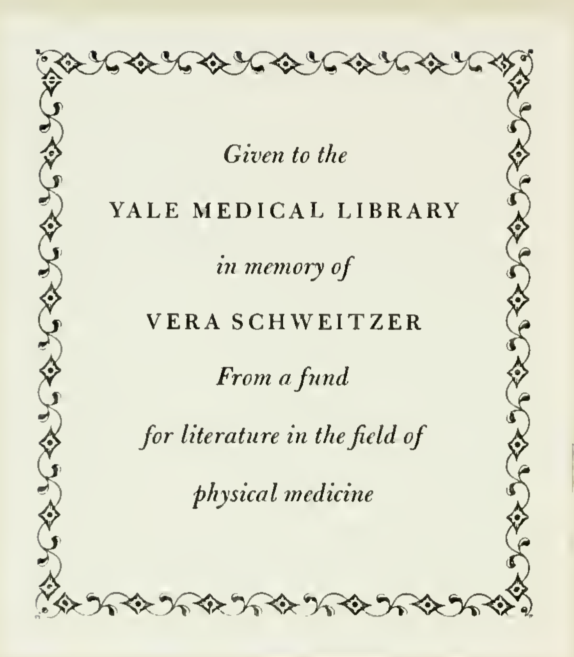
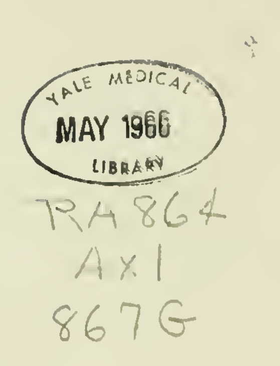

RA 864
Ax1
867G





Garrigou, Joseph Louis Félix, 1834-
...

EXTRAIT DU BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE,
2e série, t. XXIV, p. 245, séance du 4 février 1867.

Considérations générales sur l'étude des eaux minérales. — Géologie de la station thermale d'Ax (Ariége); par le docteur F. Garrigou, de Tarascon (Ariége) (Pl. III).

Le médecin qui paraît être l'homme indispensable à la direction d'une station thermale serait quelquefois bien embarrassé s'il devait régler à lui seul les divers travaux nécessaires pour installer cette station. La chimie et la géologie doivent prêter à la médecine leur concours le plus complet, afin d'obtenir des résultats satisfaisants.

La tâche du géologue n'est pas la moins difficile. Il doit chercher dans certains cas à augmenter la quantité d'eau dont pourra disposer plus tard le médecin. Lorsque le volume d'eau est suffisant, il faut qu'il capte sagement la source et qu'il la conduise de manière à éviter tout changement, soit dans la température, soit dans la composition. Que de fois on a vu disparaître un griffon d'eau minérale par suite d'un captage inintelligent! Que seraient devenues les sources d'Ussat, si une main expérimentée et habile n'avait tracé les plans de leur captage, plans conçus à la suite d'une étude géologique de la localité? Les canaux à niveaux fixes, creusés pour maintenir l'eau thermale au-dessus des eaux froides qui inondent le sol alluvial de la vallée, sont une invention aussi savante qu'heureuse, et dont le mérite revient à l'habile ingénieur J. François.

Après qu'une source est captée, le chimiste en entreprend l'analyse et donne au médecin des indications indispensables et sûres pour l'application du nouvel agent thérapeutique dont il peut disposer.

Le médecin, à son tour, est très-utile au géologue dans les travaux de captage. Il connaît, en effet, l'action thérapeutique de telle ou telle source ; il peut donc éviter qu'on ne mélange des griffons, dont les eaux réunies pourraient bien avoir des propriétés moins avantageuses qu'auparavant.

Depuis les remarquables travaux de de Sénarmont et de M. Élie de Beaumont, qui ont permis à ces éminents géologues de rattacher la théorie des eaux minérales à celle des filons métallifères, depuis les belles études de M. Daubrée sur les transformations subies par des roches naturelles et artificielles au sein des eaux thermales de Plombières, etc., les géologues ont dû forcément réunir la théorie des eaux minérales à celle du métamorphisme et du système des soulèvements.

Après avoir longtemps parcouru et étudié la superficie du sol, sans idées préconçues, après avoir lu les diverses publications des chefs d'école, comment ne pas admettre que des eaux minérales et thermales ont généralement pu, mieux que des roches éruptives, produire ces grands phénomènes de *métamorphisme normal* développés sur des étendues immenses? En effet, ces étendues, dans lesquelles les terrains supérieurs aux roches prétendues ignées sont métamorphisés, ne présentent pas la plus légère trace des dislocations, des cassures, des bouleversements énormes qu'aurait produit en arrivant au jour, en masse volumineuse, une roche éruptive et à l'état de fusion. Si le granite des Pyrénées, par exemple, était venu à la surface de la croûte terrestre tout d'une pièce, avec une température assez considérable pour calciner (qu'on me permette cette expression), sur plusieurs kilomètres d'étendue, les terrains qu'il aurait traversés, les calcaires de ces terrains auraient-ils conservé leur acide carbonique, ou bien n'auraient-ils pas pris l'aspect cristallin et marmoréen qui leur manque quelquefois? Des bandes de cette roche auraient-elles pu continuer à exister au milieu d'une pareille masse éruptive? Trouverait-on les granites en bancs minces et stratifiés au milieu des terrains argilo-schisteux et calcaires, ainsi que j'en ai vu des cas nombreux avec mon ami Louis Martin (Neouviel, Pic du Midi de Bigorre, Cauterets, Marignac, Saint-Béat, Eup, Luchon, Mercus, Tarascon, Ax, Amélie-les Bains).

Admettons, au contraire, qu'à certaines époques de la formation

des couches solides du globe, des sources thermales ont fait éruption à travers les fissures du sol, et sont venues se répandre à l'intérieur et à la surface de terrains précédemment déposés. Ces sources chargées d'éléments minéralisateurs nouveaux ont pu transformer ces terrains en produisant la formation et la cristallisation ou le simple dépôt de substances nouvelles, ainsi que cela est arrivé dans les grès triasiques des Vosges et dans les bétons romains de Plombières. Il est facile par cette théorie, qu'une expérience si concluante et si inattendue est venue confirmer, d'expliquer : 1° la forme stratifiée de certains granites; 2° la présence de couches calcaires dans l'intérieur des masses granitiques; 3° le métamorphisme des calcaires eux-mêmes ; 4° la variété dans les roches d'une même région ayant subi le métamorphisme normal, variété due, comme il est facile de le prévoir, aux éléments composant les roches préexistantes et aux éléments nouveaux portés par les sources, ainsi qu'à leurs températures plus ou moins élevées ; 5° les passages insensibles de ces roches les unes aux autres; 6° la stratification de toutes ces roches métamorphisées et leur participation à l'ensemble d'une même formation géologique ; 7° l'absence de tout phénomène physique inévitablement produit par l'arrivée brusque d'une roche occupant un volume énorme comme le granite.

Quoique l'eau chaude et chargée de substances minérales ait probablement joué le plus grand rôle dans le métamorphisme régional surtout, il ne faut pas enlever tout pouvoir métamorphique aux roches éruptives venues à l'état de fusion du sein de la terre. Les volcans actuels permettent d'étudier les effets des laves en feu sur les terrains qu'elles touchent. MM. Delesse (1), Fouqué (2), Ch. Sainte-Claire-Deville (3), etc., ont pu puiser dans l'observation de ces phénomènes des sujets de recherches dont les résultats ont si vivement intéressé les savants de notre époque. Et, pour le dire en passant, les faits nouvellement mis au jour ont bien démontré le rôle incontestable du feu et de l'eau dans les modifications qu'ont subies certains terrains.

Ce n'est pas au hasard que se sont produites les éruptions soit des roches ignées, soit des sources thermales. M. Élie de Beaumont l'a démontré.

Depuis le moment où les couches superficielles du globe ont pu

---

(1) *Ann. des mines*, 185, 1858. — *Mém. Acad. scienc.*, 1861.
(2) *Compt. rend. de l'Acad. des sciences.*
(3) *Ibid.*, 1866.

acquérir une certaine consistance et former une croûte solide, cette croûte a été soumise à des dislocations se produisant par suite du retrait sur elle-même que lui faisait probablement subir le refroidissement lent de la masse centrale. Les rides ainsi formées à la surface du globe pendant une même période se seraient produites suivant des grands cercles ayant pour diamètres une série de grands axes de notre sphère. Elles auraient donné lieu de cette façon à une multitude de plissements, de fractures, de failles, par lesquelles auraient pu surgir du sol, soit des roches encore en feu, soit des sources thermales à des températures très-élevées,

M. Élie de Beaumont a reconnu que les rides dont je viens de parler s'étaient produites suivant des directions variables avec les diverses phases des dépôts des terrains qui constituent notre sol actuel. A chacun des divers terrains reconnus jusqu'ici correspondraient des systèmes de fractures et de failles, ayant des orientations déterminées. Si la théorie de l'illustre géologue est exacte, comme tout semble l'indiquer, il est à présumer que les nombreux systèmes de soulèvements dont il a déjà constaté l'existence nous conduiront peu à peu à de nouvelles découvertes qui nous permettront de multiplier les divisions et sous-divisions des terrains déjà établis.

Il est donc possible, d'après les théories déjà introduites dans la science par M. Élie de Beaumont, de donner l'âge géologique d'une source thermale, d'une roche éruptive, c'est-à-dire d'avancer que cette roche, que cette source sont venues à la surface du sol par tel système de fracture, correspondant au dépôt de tel terrain, caractérisé par tels fossiles.

L'étude des eaux d'Ax va nous en fournir un exemple des plus remarquables. C'est la première fois, si je ne me trompe, que la chimie et la médecine auront prêté leur mutuel concours à la géologie pour fournir des résultats concordants dans la solution d'un problème nouveau.

Les monographies de stations thermales d'une même région faites au point de vue : 1° de leur composition chimique, 2° des fractures, des failles, des lignes de joint par lesquelles s'épanchent les sources, 3° des roches qui sont en rapport avec ces dernières, 4° des maladies qu'elles guérissent spécialement, fourniraient des matériaux on ne peut plus utiles à la science. Le rapprochement de semblables documents permettrait peut-être de déchiffrer cette circulation incessante et mystérieuse qui s'opère entre les couches superficielles et les couches les plus profondes

du globe. On pourrait, grâce à de pareils écrits, classer les eaux minérales en groupes géologiques naturels.

C'est un travail de ce genre pour les sources thermo-minérales des Pyrénées que nous avions entrepris avec mon regretté camarade et ami Louis Martin. A peine à l'œuvre depuis quelques années, après avoir déjà fait une partie de nos observations dans les Pyrénées, ce collaborateur, je devrais dire ce maître, martyr de la science, victime de son amour de la vérité, succombait accablé par des souffrances physiques et morales.

Les lignes que j'écris aujourd'hui, il me les avait en quelque sorte inspirées. Que n'est-il là pour les écrire ! Idée, style, descriptions, tout laisserait percevoir le savant du plus haut mérite, le naturaliste le plus complet et le plus érudit. A ces qualités si précieuses je ne saurais suppléer que par le vif désir d'être exact dans mon exposé, de rester scientifique dans l'interprétation des faits observés.

Indications topographiques. — Ax est situé au confluent de trois vallées. L'Ariége y descend de l'étang de Framiquel et des hauteurs de Puymorens, en décrivant une courbe allongée dont les tangentes extrêmes sont dirigées respectivement au N. 24° E. et au N. 27° O. A Ax, elle se détourne brusquement, devient rectiligne et court, à l'O. 32° N., jusqu'à Bouan, sur une longueur de 20 kilomètres ; de Bouan à Tarascon, la vallée tend à marcher N. 30°, à 35° O. ; au N.-O. de cette dernière localité, elle forme de nouveau un coude brusque, et se dirige vers Foix en affectant la figure d'une ligne brisée dont le premier segment est aligné vers le N. 24° E. et le second vers le N. 27° O. Elle coule alors à peu près N. S. jusqu'à sa sortie de la chaîne proprement dite (1).

La rivière d'Orlu, qui se jette à Ax dans l'Ariége, a un cours rectiligne, et forme le prolongement exact de l'alignement droit que suit l'Ariége entre Ax et Bouan.

Enfin le troisième cours d'eau, la rivière d'Ascou arrive à Ax en coulant de l'est à l'ouest.

Ces détails hydrographiques, dont la netteté en quelque sorte géométrique frappe dès le premier coup d'œil jeté sur une carte de l'Ariége à échelle suffisante, seront rattachés plus tard à des faits géologiques.

La ville d'Ax est bâtie sur les alluvions des deux rivières de

---

(1) Ce sont là les trois branches du Z formé par la vallée de l'Ariége que j'ai décrit dans mon *Aperçu géologique sur le bassin de l'Ariége* (*Bull. Soc. géol. de France*, 2e sér., t. XXII, p. 476).

l'Ascou et de l'Orlu que sépare un mamelon granitique commençant au S.-E. d'Ax par le prolongement des roches d'Entresserre, se continuant par les granites du Breilh, des Canons, du Coustou, et se terminant par ceux de la maison Fériol, dans l'intérieur de la ville. Dans les alluvions de ces deux vallées gisent la plupart des sources sulfureuses groupées dans quatre établissements balnéaires et coulant aussi sur la voie publique.

Géologie des environs d'Ax (Pl. III, fig. 1). — Si, du sommet des montagnes situées au sud de Prades (Ariége), on descend vers Ax, il est aisé de voir les sommets du Drazet formés par des couches calcaires plus ou moins horizontales dont le prolongement dans l'Aude est indiqué comme terrain dévonien par M. d'Archiac. J'ai rejoint moi-même cette formation avec celle qu'a décrite l'éminent professeur du Muséum, et j'adopte sa détermination. Ces calcaires dévoniens reposent en stratification discordante sur un terrain composé : 1° vers le port de Marmare, de schistes argileux plongeant au N, 2° aux Gouttines, d'alternances de schistes argileux noirs et gris, avec 3° une bande de calcaire saillante, de plus de 100 mètres d'épaisseur, formant le pic de l'Orry d'Ignaux, 4° au-dessous de cette bande, de schistes argileux et aluno-ferrugineux autrefois exploités pour l'alun et le sulfate de fer, ce dernier résultant de la décomposition des pyrites sous l'influence des agents atmosphériques. Dans les strates de ces schistes, on trouve au-dessus et au-dessous du village de Sorgat et Ignaux, et au-dessus d'Ax, des alternances (fig. 1. — 1. 2. 3. 4. 5.) de micaschistes, de gneiss et de granite, roches dont il est impossible de limiter le passage des unes aux autres ainsi qu'au schiste alumineux dans lequel semble avoir pris naissance cet ensemble si complexe. Au-dessus d'Ax et au-dessous de la roche de Carbounade se dessine définitivement le granite qu'on poursuit au sud jusqu'à l'Hospitalet, passant par places au gneiss, au micaschiste et même au schiste talqueux.

Le granite appartiendrait donc à l'ensemble de cette formation schisteuse et calcaire plongeant au N., dans la direction moyenne de O. 12° N, sous le terrain dévonien. Ce serait donc là un granite situé au moins à la base du terrain silurien.

En outre des alternances de roches granitiques au-dessous des schistes que j'ai signalés, il existe vers la limite de la masse granitique une bande de 15 à 20 mètres d'épaisseur de schistes quarzteux assez régulièrement et assez uniformément répandus dans toute la région. Cette bande, réfractaire aux agents extérieurs et faisant saillie au-dessus du terrain qui la contient, se

voit : à Ax, dans les tranchées du deuxième lacet de la route de Prades, au N.-E. de Savignac, sous le pont du Castelet, dans le lit de l'Ariége, à l'extrémité S.-O. du pont de Perles. De là elle gagne les montagnes de Luzenac, marchant toujours O. 12° N. environ et plongeant au N. J'ai trouvé dans ces schistes, à Ax, des cristaux noirs, prismatiques, qui m'ont paru formés par de la couzeranite. Il y a aussi sur certains points, aux environs du Castelet surtout, des macles d'andalousite, fort abondantes.

Enfin, le granite se dégage des schistes pour ne plus présenter alors que des particularités utiles à connaître pour pouvoir remonter à son origine métamorphique.

Le granite *fondamental* du massif paraît être un granite à grains fins et à un seul mica, le mica noir. Nous avons vu plus haut que dans les points où cette roche est intercalée en bandes dans les schistes alumineux, ceux-ci passent insensiblement au micaschiste, au gneiss, puis enfin au granite. Ces passages sont encore visibles par place dans les vallées d'Ascou, d'Orlu et de Mérens. Si j'insiste dès à présent sur ces passages insensibles, c'est pour bien montrer qu'il est impossible de tracer une ligne précise de démarcation entre le massif granitique et les roches qui le renferment ou qu'il supporte.

Ce granite, que j'appellerai à grains fins, et le cortége de roches qui le recouvrent sont recoupés par de grands filons formés d'un granite essentiellement différent. C'est un granite à grandes parties, composé d'orthose en grands cristaux bleuâtres, de noyaux de quartz irréguliers, souvent très-gros, et de feuillets de mica argentin ordinairement réunis en cahiers. Ce granite renferme en abondance de la tourmaline noire en gros cristaux ; ceux-ci atteignent quelquefois 5 à 6 centimètres de longueur; ils sont cannelés, le plus souvent incomplets, généralement privés de leurs extrémités; quelquefois cependant le pointement triangulaire existe. Au nord d'Ax, sur le troisième lacet de la route de Prades, j'ai trouvé dans une bande de granite, inférieure à celle des schistes rubanés, un magnifique gisement de *mica palmé* à la roche de Carbounade (1). Dans l'intérieur de la ville, dans la maison Silvestre, j'ai trouvé de nombreux grenats roses disséminés; enfin, ce granite contient de la pyrite et de la pinite.

Le passage de ce granite à la pegmatite est fréquent, et, dans ce cas, la cristallisation du quartz y est souvent assez avancée pour

(1) J'ai constaté cette année même que ce gisement de mica palmé se prolonge jusqu'à la roche de Rivelasse.

lui donner l'aspect de la *pierre hébraïque.* D'ordinaire, le mica blanc diminue dans ce cas et ne se montre plus qu'en lamelles très-petites ou à l'état de mica palmé.

Les pegmatites paraissent se montrer de préférence sur les points où les filons recoupent des terrains schisteux. Le granite à tourmaline subit encore d'autres modifications; il passe quelquefois à la leptynite et à l'eurite, mais ces variétés n'ont qu'une importance secondaire.

Après avoir étudié avec le plus grand soin cet ensemble de roches, je reste parfaitement convaincu que les granites à tourmaline, les pegmatites, les leptynites et les eurites ne forment qu'une seule et même roche, et que les différences qui les séparent sont dues à une influence métamorphique.

Au contraire, toutes ces roches que je désignerai après cette explication sous le nom de *granite à grandes parties*, forment évidemment un groupe bien tranché et bien distinct des autres roches du massif d'Ax. Cependant, si l'on cherche à tracer la limite des filons à grandes parties, on éprouve de sérieuses difficultés. Au voisinage du contact, il y a encore passage entre les deux granites. Le mica blanc se développe dans le granite à grains fins, qui devient en même temps plus grossier: le mica noir, en revanche, existe dans le granite à grandes parties, qui devient plus fin, et la suture est insaisissable.

Dans les micaschistes et dans les schistes argileux, le voisinage du granite à grandes parties produit d'autres effets.

On y trouve les roches schisteuses imprégnées de quartz. Ce quartz est vitreux, hyalin, ou tout au moins translucide, le plus souvent rosé; il ne forme point de veines régulières, ne paraît point recouper les feuillets, mais s'insinue entre eux sous forme de lentilles qui ont quelquefois 1 mètre de diamètre. C'est une silicification à grande échelle, dans laquelle l'aspect des masses quartzeuses rappelle immédiatement l'idée de dépôts siliceux abandonnés par des eaux thermales dans des cavités de la roche.

En laissant de côté l'incertitude où l'on est sans cesse quand on veut délimiter exactement chaque roche, on reconnaît dans l'ensemble que le granite à grandes parties forme une bande dont la largeur doit être évaluée, à Ax, à plus de 4 kilomètres, et qui s'allonge dans le sens du N. N. O. Si, d'un point élevé, on cherche à mesurer l'alignement des crêtes des filons qui courent dans le fond de la vallée, on s'aperçoit que leur direction flotte, pour ainsi dire, entre le N. N. O. et le N. N. E. Cette observation, assez embarrassante d'abord, m'a conduit à étudier en détail les

lignes de fracture qui recoupent le granite. J'ai reconnu qu'il y avait au moins trois principaux systèmes de plans de clivage bien développés et orientés suivant les directions respectives :

N. 27° O. N. 24° E. O. 32° N.

Ce sont principalement les croisements des deux premières directions qui troublent l'unité des alignements et donnent souvent aux crêtes l'apparence de courir au N. vrai. Mais la direction réelle des filons est bien certainement au N.-N.-O., comme je m'en suis assuré en suivant leur prolongement sur une longueur de plus de 50 kilomètres.

Sources minérales sulfureuses. — 1° *Leur composition.* Dans une étude précédente (1), j'ai fait connaître la composition des trois principaux groupes des sources d'Ax. Leurs analyses ont été faites sur une grande échelle; j'ai employé 1 hectolitre d'eau pour chaque griffon. Je réunirai dans le tableau suivant les résultats de ces analyses, en faisant observer que de nouvelles analyses exécutées depuis 1861 ont, à très-peu près, concordé avec les premières, malgré des changements apportés à certains captages.

SUBSTANCES SALINES sur 1 kilogramme.	BAIN FORT.	CANONS.	VIGUERIE.
	gr	gr	gr
Sulfure de sodium.	0,0148	0,0210	0,0200
Chlorure de sodium.	0,0250	0,0263	0,0350
Sulfate de soude.	0,0675	0,0309	0,0318
Silicate de soude.	0,0967	0,1127	0,1102
Silicate de chaux.	0,0167	0,0166	0,0185
Silicate de magnésie.	0,0030	0,0006	0,0006
Silice en excès.	0,0008	0,0000	0,0000
Oxyde de fer.	0,0002	0,0007	0,0002
Alumine.	0,0001	0,0003	0,0001
Acide phosphorique.	traces.	traces.	traces.
Acide borique.	traces.	traces.	traces.
Sulfure de potassium.	traces.	traces.	traces.
Iode.	traces.	traces.	traces.
Lithium.	traces.	traces.	traces.
Matière organique.	0,0500	0,0360	0,0450
Total.	0,2728	0,2653	0,2614

L'ensemble de l'agrégat minéral de ces sources permet de les ranger parmi les eaux sulfurées sodiques qui toutes naissent dans le granite.

(1) *Étude chimique et médicale des eaux sulfureuses d'Ax.* Paris, J. B. Baillière, 1862.

2° *Elles sont en rapport avec le granite à grandes parties.* — Parmi les 78 griffons que j'ai examinés à Ax, il y en a deux seulement que l'on voit sortir de la roche en place ; les autres sourdent dans les alluvions des vallées d'Ascou et d'Orlu. Mais leur point d'émergence est dans le granite, ainsi que le montrent les deux sources que je viens de nommer. L'une de ces sources est située dans une maison au S. des Canons, l'autre suinte directement d'une fracture du granite à l'extrémité O. du jardin de l'hôtel Boyé, presque à l'entrée de la ville.

Si, du reste, la relation des sources sulfureuses d'Ax avec le granite à grandes parties ne pouvait être observée directement, on trouverait à Saliens, dans la vallée de l'Ariége, à 13 kilomètres en amont d'Ax, une source sulfureuse froide qui appartient par tous ses caractères au groupe d'Ax, et que l'on voit sortir de la pegmatite elle-même. A Mérens, dans la même vallée, on exploite trois sources chaudes du même groupe, naissant dans le granite, seule roche de la région, mais venant au jour à travers des terrains détritiques.

On peut citer encore comme rapprochement intéressant entre les eaux d'Ax et la roche qui les accompagne la présence de l'acide borique dans les sources. On sait que la tourmaline, minéral essentiel des roches d'Ax, contient, suivant les cas, de 1 à 10 pour 100 d'acide borique. Du reste, tout l'ensemble de l'agrégat minéral des eaux d'Ax les rapproche, ainsi que je l'ai déjà dit, des eaux granitiques.

3° *Leur gisement et leur marche dans les alluvions* (fig. 2). — Une étude attentive de la façon dont les nombreuses sources d'Ax se comportent les unes par rapport aux autres a pu seule me mettre sur la voie de leur mode de gisement.

Tous les griffons utilisés sont captés dans la même masse d'alluvions. Le captage a montré qu'il était possible d'augmenter la quantité d'eau débitée par quelques-uns d'entre eux et d'élever leur niveau, tandis que d'autres étaient rebelles à toute tentative d'augmentation de volume ou d'ascension des niveaux. L'eau provenant des premiers griffons est très-chaude, très-sulfureuse, et, par suite d'une combustion prompte de l'un des principes sulfureux, de l'acide sulfhydrique sans doute, dépose du soufre en nature sur les parois des conduits accessibles à l'air. Cette eau ne blanchit qu'*artificiellement ;* celle que fournissent les autres griffons est bien moins chaude, moins sulfureuse, ne dépose pas de soufre et blanchit spontanément.

Un mode de gisement différent pour chacun des groupes de

sources pouvait mieux que toute autre cause expliquer les phénomènes particuliers que je viens d'indiquer. L'observation directe est venue confirmer mes prévisions.

Le long de l'établissement du Teich, la rivière d'Orlu coule sur un poudingue dont les éléments granitiques et schisteux, de volume très-variable, sont cimentés par une gangue argilo-siliceuse. Cet ensemble forme une roche des plus résistantes que le pic peut à peine entamer. On lui a donné le nom de *terrain de tapp*. Sur certains points, des fissures excessivement fines qui traversent ce poudingue donnent lieu à des suintements d'eau sulfureuse très-chaude (70° à 71°) qui laisse déposer de la sulfuraire.

Des travaux récents exécutés pour le captage des griffons du Teich ont mis en évidence le prolongement de cette couche de poudingue, d'une part, dans le sol même de l'établissement, sur la rive gauche de l'Orlu, d'autre part, dans le sol des jardins en face du Teich, sur la rive droite de la même rivière.

Les sources Viguerie, Joly, de la Pyramide, ont été captées directement sur le terrain de tapp, au moyen de bassins maçonnés sur cette couche solide tout autour des griffons. On a pu de cette façon exhausser leur niveau à plusieurs mètres au-dessus du sol, augmenter leur débit d'une manière considérable (1), et gagner à peine un 1/2 degré de chaleur et $0^{gr},001$ de sel sulfureux. Avant le captage définitif, ces sources n'étaient jamais influencées par les crues du torrent ; leur niveau restait toujours le même. Tel était et tel est actuellement l'état des sources principales de l'établissement du Teich sur le côté gauche de la rivière.

Sur la rive droite du même cours d'eau, en face du Teich, les sources appelées puits Orlu présentaient autrefois un singulier mais très-caractéristique phénomène (fig. 5). Ces sources n'avaient pas un niveau constant. En effet, les jours de grande crue de la rivière, leur niveau augmentait sans que leur limpidité fût altérée, sans diminution dans leur température de 61 degrés. Leur niveau s'abaissait ensuite avec celui du cours d'eau. Ces

---

(1) La source Viguerie, avant le captage, donnait 54 litres par minute ; elle donne actuellement 98 litres, et, quand la pyramide est en charge, elle en débite 105. Ce fait prouve l'efficacité du captage mis, dans ce cas, ridiculement en doute, et de plus il permet immédiatement de saisir les rapports qui existent entre certaines sources au milieu de la masse alluvienne et compacte à travers laquelle elles viennent au jour.

changements successifs étaient faciles à suivre, car ces sources fournissaient une masse d'eau dans des puits creusés dans les alluvions. On pouvait aisément en atteindre la surface et prendre des mesures exactes. Des tranchées profondes exécutées dans l'espoir de capter ces sources comme Viguerie et la Pyramide ont montré qu'au lieu de sortir du terrain de tapp, les eaux des puits Orlu coulaient à la surface de ce terrain, et venaient de plus loin (fig. 6).

Il est donc évident que l'émergence des griffons d'eau sulfureuse ne se produit pas de la même façon sur les deux rives de la rivière d'Orlu.

Si nous passons maintenant dans la vallée de l'Ascou, nous y observerons des phénomènes analogues.

Les tranchées faites pour la construction du nouvel établissement, dit le Modèle, sur la rive gauche de l'Ascou, au N.-O. de la place du Breilh, ont mis à nu une large couche de tapp à la surface supérieure de laquelle coulent les sources Florence, destinées à alimenter le Modèle.

Avant qu'on eût commencé les travaux de déblai qui ont fait disparaître le jardin du Foulon, de nombreux filets d'eau sulfureuse très-chaude s'épanchaient le long des berges du ruisseau de l'Ascou. Ces filets d'eau ont constamment été arrêtés dans leur marche vers la rivière par les profondes tranchées qui entamaient le sol. Elles coulaient toujours au pied de la dernière faite, et remontaient ainsi constamment vers la place du Breilh et le lavoir des laines, au-dessous duquel elles coulent maintenant.

Ces travaux ont eu pour résultat : 1° d'augmenter la température et la sulfuration des sources Florence (en effet, les maximum de ces sources, quand elles coulaient directement dans l'Ascou, étaient de 64 degrés de chaleur et de 0^{gr},014 du sulfure de sodium par litre; au pied du pont et du lavoir des laines, elles ont maintenant une température de 71 degrés, et une sulfuration représentée par 0^{gr},019 de sulfure de sodium), 2° d'augmenter d'une manière extraordinaire le volume d'eau qu'elles débitaient, 3° de diminuer de moitié au moins le débit des sources du Rossignol supérieur et des Canons; 4° de montrer l'existence de la couche de tapp dans le sol de l'établissement, au moins vers le point qui touche la place du Breilh.

Si les tranchées avaient été prolongées vers le milieu de la place du Breilh et vers le groupe de sources des Canons, la sulfuration, la température et le volume des sources Florence auraient-ils augmenté? Telle est la question importante qu'il faut se poser et

à laquelle il faut donner une solution pour connaître la position géologique des sources qui nous occupent.

Les faits que je viens d'indiquer laissent déjà deviner de quelle manière le problème sera résolu. Mais, quoique bien établis, ces faits n'étaient pas suffisants pour affirmer que les sources Florence ne naissaient pas dans le lieu où elles ont été captées; il était permis seulement de le supposer. Une expérience directe est venue confirmer le fait et démontrer l'assertion que j'avais formulée dans plusieurs circonstances, à savoir, *que les sources en question étaient une dérivation naturelle du groupe des Canons.*

Voici cette expérience :

Un aqueduc de pierre sèche conduit les eaux du bassin des Ladres dans un déversoir commun. Ce bassin des Ladres est situé au pied des Canons et des Rossignols et est alimenté par une série de griffons appartenant évidemment à ce groupe de sources. Lorsque le bassin est rempli d'eau, le trop-plein s'écoule par l'aqueduc. Le samedi soir on vide le bassin, et l'aqueduc est à sec pendant 24 heures. J'ai profité de cette circonstance pour vider à l'entrée du conduit 300 litres d'eau saturée de sulfate de fer. Cette eau, s'infiltrant dans les alluvions qui forment le sol de la place du Breilh, devait rencontrer la nappe d'eau descendant des Canons vers le jardin Florence, si toutefois il y en avait une. On comprend facilement que le sulfate de fer changé en sulfure de fer noir devait colorer, s'il la rencontrait, l'eau sulfureuse s'écoulant au dehors. C'est en effet ce qui est arrivé. Après quelques heures, j'eus l'occasion de voir les sulfuraires et les barégines déposées par les sources Florence complétement couvertes d'un dépôt noir de sulfure de fer.

Il n'y a donc plus de doute ; l'eau du jardin Florence vient bien du groupe des sources des Canons. De plus, les travaux du Modèle ont bien montré que cette eau coule en nappe sur la face supérieure de la couche de tapp, ainsi que nous l'avons déjà vu pour la source des puits Orlu.

A l'établissement Sicre ou du Breilh, les sources sont assez variées et prouvent, par la multiplicité des phénomènes qu'elles présentent, une origine commune avec celle des sources Florence. Mais les sources Sicre, par suite de leur parcours dans les alluvions et du mélange avec des sources froides, acquièrent des propriétés particulières que nous retrouverons dans celles du Couloubret. Quelques-unes, en effet, sont complétement ou à peu près désulfurées, et leur température est relativement basse (n° 1 à 4 ; n° 9 et 10) ; d'autres blanchissent naturellement (n° 6, Pyramide,

Fontan, Hardy) ; d'autres, et ce sont les plus rapprochées des Canons, la source Marie et les griffons de l'hospice, conservent une température très-élevée et ne blanchissent pas.

Au Couloubret les sources sont dans des conditions particulières qui rendent très-difficile l'étude de leur gisement. Toutes sont éloignées de près de 150 mètres d'un groupe de griffons très-chauds et très-sulfureux. Parmi elles quelques-unes blanchissent (Pilhes, la Gourguette); d'autres sont désulfurées et d'une température assez basse, 22° (Montmorency, la Basse, Rougerou, la Canalette); d'autres enfin ont des températures assez élevées 44°, et ne blanchissent pas naturellement (Bain fort, Filhol, Jeanne d'Albret).

Divers travaux entrepris pour leur captage indiquent que la plupart d'entre elles sont ascendantes, mais qu'il est impossible de les charger, sous peine de voir leur volume diminuer sensiblement (Gourguette, Montmorency, Pilhes). Le terrain de tapp manque ici d'une manière à peu près générale; les alluvions avec couches de sable forment le terrain d'où émergent les sources.

Les températures et les sulfurations sont ici inférieures à celles des autres groupes, mais la variété si grande et les propriétés si tranchées des eaux qui alimentent le Couloubret rendent cet établissement le plus précieux de tous. La nature y a conduit des sources qui permettent déjà, avec l'aide d'un serpentin, de donner les bains les plus excitants et de calmer aussi les nerfs les plus rebelles aux médications ordinaires.

Des faits précédents on peut parvenir à déchiffrer l'ensemble des conditions de gisement des sources d'Ax.

1° *Teich.* — Il est probable qu'une partie des griffons du Teich épanchent leurs eaux au-dessous de la couche de tapp qui existe dans le fond de la vallée d'Orlu. Cette couche de tapp, s'appuyant de part et d'autre de la vallée sur la roche en place, fait l'office d'un vrai couvercle de boîte, bouchant le passage aux eaux qui sortent directement du granite. Ces eaux ne peuvent s'échapper qu'à travers les fissures du terrain de tapp et forment les sources Viguerie, Joly, de la Pyramide. Ces sources sont toutes ascendantes.

Il existe aussi dans le même établissement plusieurs sources non ascendantes qui sont captées assez superficiellement dans les alluvions supérieures à la couche de tapp. Quelques-unes sont très-rapprochées du granite (Quod); d'autres circulent dans les terrains meubles et sortent aussi du granite, mais à un niveau supérieur à celui de Viguerie et de la Pyramide; elles sont mélan-

gées à des infiltrations d'eau froide et blanchissent naturellement (la Grotte, l'Eau bleue, la source Bouillé ou n° 4, fig. 2).

2° *Canons* et *Rossignols*. — Le groupe des Canons vient directement sans doute du granite par plusieurs ouvertures de la roche qui donnent issue, en dehors de la couche de tapp, à une énorme quantité d'eau sulfureuse à 77°,8. C'est du sommet d'un point culminant entre l'Orlu et l'Ascou que coule cette nappe liquide et très-chaude. Suivant la double pente du terrain vers la rivière d'Orlu et vers la rivière d'Ascou, elle chemine dans les alluvions coulant sur un plancher solide, le tapp, perdant de sa chaleur et de sa sulfuration à mesure qu'elle s'éloigne de son point d'émergence. Elle fournit ainsi les sources Florence de l'hospice du Breilh, sur la rive gauche de l'Ascou, et les puits Orlu ainsi que les sources des jardins, de la rue et des maisons du Coustou sur la rive droite de l'Orlu (fig. 2).

3° *Établissement Sicre ou du Breilh*. — Le groupe de sources qui alimentent cet établissement vient probablement de la masse d'eau sulfureuse des Canons ; cependant l'allure de certains griffons, de celui de la Pyramide, par exemple, permet de supposer que, si l'on faisait des travaux de recherches convenables, on pourrait obtenir peut-être quelque naissant sortant du granite même.

4° *Couloubret*. — Les sources du Couloubret peuvent avoir leurs griffons dans le granite situé directement au-dessous du lieu de leur exploitation, ou bien elles viennent de plus loin. Pour ma part, je serais porté à leur attribuer un point de sortie de la roche assez éloigné de leur captage. En effet, les températures et les sulfurations des diverses sources de cet établissement sont très-sensiblement inférieures à celles des groupes précédents Viguerie 73°, Rossignol 77°, source Lafont-Gouzy (au Couloubret) 47°. Il faudrait donc supposer que, sur trois griffons principaux, ceux du Teich, des Canons, du Couloubret, il y en a deux qui arrivent à des températures très-élevées, et le troisième à une température bien moindre, quoique ayant la même origine que les deux autres. Cette supposition n'est pas de nature à être partagée par beaucoup de monde.

Je croirais donc plutôt que les sources du Couloubret, prenant naissance sous la couche de tapp dans un point peu éloigné de la place du Breilh, chemineraient au-dessous de cette couche profondément placée dans les alluvions de l'Ascou, et viendraient sourdre sur les bords de la couche de tapp à une certaine distance de leur point d'émergence dans le granite. Elles pourraient se

mélanger ainsi avec facilité aux sources froides avec lesquelles elles produisent les combinaisons si heureuses et si utiles qui donnent les sources Montmorency, Rougerou, la Canalette, la Basse, Pilhes.

Ces mélanges d'eau sulfureuse chaude avec des eaux froides pour produire des eaux tièdes, opérés sur le trajet du parcours des sources chaudes, permettent d'expliquer le voisinage, dans les alluvions, de naissants d'eaux chaudes et d'eaux tièdes. Il est probable, en effet, que ce n'est pas le même griffon qui alimente les deux sources de Montmorency et de Jeanne d'Albret, situées à 2 ou 3 mètres de distance l'une de l'autre, et ayant la première une température de 22°, la seconde de 40° environ. Si le griffon de Jeanne d'Albret se mélangeait sur place à une source plus froide pour donner naissance à Montmorency, il se mélangerait tout entier et ne produirait pas deux sources si différentes.

L'étude des niveaux pour la question qui nous occupe ne s'oppose en rien à la probabilité de ma théorie, car les sources du Couloubret sont inférieures à la place du Breilh, et même à la couche de tapp du Modèle, couche de tapp sur laquelle coule la rivière d'Ascou comme sur un plancher imperméable et solide (fig. 2).

Mode de captage des sources. — Je ne donnerai ici que la description des captages bien établis. Connaissant déjà, en 1863, le gisement des sources sulfureuses d'Ax et celui des sources de Baréges, tous deux identiques, je me rendis à Baréges le 22 décembre pour y étudier les captages des sources de cette dernière station sulfureuse que venait d'effectuer un ingénieur, aussi savant que modeste, M. Peslin. Grâce à M. Peslin, M. Noguès, conducteur des travaux, me montra avec toute l'obligeance possible les plans et les travaux du nouvel établissement. Je pus ainsi me fixer sur la manière dont l'habile ingénieur des mines que je viens de nommer avait exécuté ses travaux, et, après les nombreux détails qui m'ont été communiqués, j'ai fait entreprendre les captages des sources du Teich.

Voici la manière dont on a procédé. Une tranchée de 4 mètres de profondeur a mis à découvert le naissant de Viguerie à la surface supérieure du terrain de tapp. Le griffon a été entouré d'une enceinte de béton très-solide ayant prise sur le tapp lui-même, et formant une sorte de cuvette dans laquelle le niveau de l'eau s'est immédiatement élevé. Mais un tuyau T adapté à une très-faible distance du fond de cette cuvette, et conduit horizontalement, a permis à l'eau de s'écouler ; on a pu, de cette manière,

élever la maçonnerie. Le premier réservoir R, ainsi obtenu, a été couvert d'une voûte solide V, dans le centre de laquelle on a adapté un tuyau d'ascension T'. Cette voûte, chargée d'une maçonnerie épaisse M, englobant le tuyau T' dans sa masse, a été continuée jusqu'à l'extrémité supérieure de ce tuyau, extrémité qu'on a cimentée dans un nouveau bassin B, dont les parois étaient ouvertes en deux points pour donner issue à l'eau minérale et pour la conduire par le tuyau *t* dans un serpentin, par le tuyau *t'* dans les baignoires. Ce travail terminé, on a solidement bouché l'extrémité B*o* ouverte du tuyau d'écoulement T. L'eau s'est insensiblement élevée jusqu'à la voûte V ; elle a fait son ascension dans le tuyau T', et de là elle a gagné le bassin B pour se distribuer ainsi que je l'ai dit. Un chapeau de cuivre C, dont les bords inférieurs s'enfoncent dans une rainure remplie d'eau et creusée dans la deuxième voûte V' qui recouvre le bassin B, met l'eau sulfureuse complétement à l'abri du contact de l'air (fig. 7).

On a opéré de la même manière pour les sources Viguerie, Joly, de la Pyramide (1).

Les niveaux des puits Orlu et des sources Florence ne pourraient être élevés qu'au moyen de barrages s'opposant à l'écoulement de l'eau sulfureuse, exactement comme ceux que l'on construit pour produire une chaussée. On pourrait encore, suivant l'exemple qu'a donné la nature, répandre dans les alluvions les eaux froides de l'Ascou et de l'Orlu en aval des sources chaudes, en élevant le niveau de ces eaux froides, qui, refoulant alors les eaux chaudes moins denses qu'elles, feraient monter le niveau de ces dernières. Mais ces moyens sont très-peu pratiques, et, lorsqu'on a d'autres sources si favorablement placées pour suffire à l'exploitation d'une station thermale, le plus sage est de les utiliser de préférence à d'autres.

Du reste, je ne saurais terminer ce point de mon travail sans dire que les travaux que l'on doit entreprendre pour percer la grande avenue du Breilh au Teich changeront probablement le régime des sources Florence, des puits Orlu, des griffons de l'hospice, de l'établissement Sicre et du Coustou. Quelques-unes de ces sources tariront, et, si l'on entame assez profondément les terrains, la commune d'Ax trouvera sur sa propriété des griffons d'eau sulfureuse tellement abondants, que les projets d'exploita-

(1) Je me garderais de conseiller un pareil captage pour les sources du Couloubret. Chercher à augmenter d'une manière considérable le volume d'eau de quelques-unes d'elles serait s'exposer à les perdre.

tion des sources par la municipalité devront forcément sortir de l'oubli malheureux dans lequel on les a jetés. Peut-être alors une ère de véritable prospérité s'ouvrira pour une localité si pauvre et qui renferme tant d'éléments de richesse.

Age géologique des sources d'Ax. — Revenons maintenant aux roches d'Ax, et cherchons à déterminer l'âge des différents accidents géologiques qui ont successivement modifié le relief et la nature de ces roches.

J'ai signalé déjà, à part les directions propres au soulèvement des Pyrénées, dont je m'occuperai peu, et qui, du reste, sont peu développées à Ax, trois directions principales obtenues toutes trois comme moyennes d'un grand nombre d'observations. J'examinerai successivement les faits qui se rapportent à chacune d'elles; mais, au lieu de les étudier dans leur ordre chronologique, je parlerai immédiatement de celle que je considère comme la plus importante, et qui joue le plus grand rôle dans cette étude.

1° *Accidents qui se rattachent au soulèvement du mont Viso.* — Les accidents, fractures, failles, plissements, qui se rapportent à la direction N. 27° O., sont les mieux caractérisés de la région que je décris, et ce sont aussi ceux dont l'âge me paraît déterminé avec le plus de certitude. La direction du mont Viso transportée à Ax parallèlement à elle-même est orientée vers le N. 27° O. (1), c'est-à-dire précisément comme les plans de clivage et les fissures de la bande de granite à grandes parties. Tirons donc à partir du Castel Maou, à Ax, une ligne qui ait cette direction, et examinons son parcours.

Au point de vue orographique, elle est jalonnée d'une façon remarquable. Du côté du S.-S.-E. elle aligne les crêtes qui dominent Merens à l'est, et forme la divisoire des eaux de l'Ariége et de la vallée d'Orlu. Elle va de là passer au sommet du pic de Carlitte (2921 mètres), point culminant d'un massif élevé qui domine lui-même toute la région environnante, puis au sommet du Puygmal (2909 mètres), alignant ainsi les deux plus hautes montagnes des Pyrénées orientales. Du côté du N.-N.-O. elle va passer précisément au sommet du pic Saint-Barthélemy (2348 mètres), point le plus élevé du large massif granitique des mon-

(1) La direction exacte est, à Ax, N. 26°,31′ O., au pic Néthou, N. 27°,4′ O., au pic du midi d'Ossau, N. 27°,50′ O. On peut donc adopter N. 27° O. en nombre rond pour toute la chaîne des Pyrénées avec l'approximation que comporte ce genre de recherches. Ces calculs ont été faits par Louis Martin.

tagnes de Tabe. Sur l'autre versant de ce massif, le granite s'allonge en promontoire entre la vallée de l'Ariége et la petite vallée de Saint-Paul de Jarrat, en suivant la même direction. Enfin, laissant Foix à gauche, cette ligne va aboutir à la grotte de Lherm, point intéressant à cause d'un relèvement de la craie inférieure qui va bientôt fournir une détermination directe de l'âge de ce grand accident.

Au point de vue géologique, cette ligne est très-bien dessinée; sur une longueur de plus de 50 kilomètres, depuis les environs des Escaldas (Pyrénées-Orientales) jusqu'aux environs de Foix, elle est jalonnée par les granites à grandes parties et les pegmatites à mica argentin, tourmaline noire et grenats. Les sources sulfurées sodiques des Escaldas et de Dores sont situées près de cette ligne, et, bien qu'elles soient captées dans les alluvions, M. J. François avait déjà remarqué que la roche en place avec laquelle elles étaient en rapport était semblable à celles d'Ax et de Luchon (1). Une série de failles très-multipliées, parallèles à sa direction, accompagnent cette ligne dans toute sa longueur. A Mérens, à Ax, on les voit recouper les granites et les gneiss ainsi que les formations schisteuses traversées par les pegmatites. Enfin, les sources sulfureuses d'Ax se placent au point où les granites à grandes parties viennent affleurer en grande masse.

Du reste, cet accident n'est pas isolé. Si l'on mène par Tarascon (Ariége) une ligne parallèle à la précédente, elle passe près du col de Puymorens, où les failles N. 27° O. sont très-développées. De ce point à Tarascon, elle trace sur la carte les crêtes qui forment la bordure orientale de la vallée d'Aston et celles qui séparent la vallée de Niaux de celle de l'Ariége. Elle passe ensuite dans la profonde fracture qui sépare la montagne de Soudour de celle de Calamès. Là, les calcaires crétacés inférieurs sont recoupés par de magnifiques plans de division orientés N. 27° O. La large ouverture de la grotte de Bédeilhac a pour paroi l'un de ces plans. Il faut se rappeler qu'à 2 kilomètres de ce point vers l'ouest, à Rabat, les calcaires crétacés inférieurs ont été fortement plissés et cassés dans le sens N. 27° O., et qu'un lambeau de terrain crétacé supérieur (étage turonien) est venu se déposer sur le crétacé inférieur ainsi fracturé (2).

---

(1) J. François, *Extrait d'un mémoire sur les travaux de recherche et d'aménagement des eaux thermales de Bagnères de Luchon exécutés de 1828 à 1841* (*Ann. des mines*, 5e sér., t. I, p. 557).

(2) F. Garrigou, *Aperçu géologique sur le bassin de l'Ariége*

On peut dire que les deux lignes parallèles menées par Ax et Tarascon laissent entre elles une bande d'environ 14 kilomètres de large sur près de 60 de long, dans l'intérieur de laquelle se multiplient les *traits parallèles* au soulèvement du mont Viso. Du reste, ces accidents se renouvellent quoique à un degré moindre dans tout le département ; on peut aussi les poursuivre, comme nous le verrons dans d'autres mémoires, sur plusieurs points de la chaîne des Pyrénées. *M. d'Archiac les a aussi signalés dans les Corbières* (1).

L'accident le plus intéressant après les deux lignes extrêmes que je viens de suivre est la parallèle menée par le rocher de Foix. Elle aligne la vallée de l'Ariége jusqu'à l'est de Montoulieu et se continue ensuite vers le sud par le promontoire granitique que j'ai déjà signalé comme se détachant du massif de Tabe. Les pegmatites et les granites à grandes parties sont très-développés sur cette ligne ; à Saint-Antoine, les tourmalines atteignent des grosseurs remarquables ; à Mérens, à Jarnat, à Montoulieu, des carrières de kaolin ont été exploitées dans ces roches, de même qu'à Ax et sur le versant sud-ouest du Saint-Barthélemy. Cette ligne forme en outre la limite du massif granitique de Foix. La même ligne redescend jusqu'à Baulou en s'alignant à peu près au nord-nord-ouest, souvent aussi N. 27° O. ; elle longe près de Foix la falaise escarpée du mont Saint-Sauveur, où le calcaire crétacé inférieur et les grès crétacés supérieurs (turoniens) reposent l'un sur l'autre en stratification discordante. Le premier de ces terrains accompagné du lias est redressé à une assez grande hauteur presque jusqu'à la verticale. C'est précisément contre une falaise crétacée inférieure, alignée comme nous le verrons plus loin sur le mont Viso, que repose le terrain turonien.

On voit déjà par ce qui précède, que les accidents dont je m'occupe recoupent tous les terrains jusqu'à et y compris l'étage de la craie inférieure ; mais ils ne pénètrent jamais dans les terrains plus récents. C'est ce que le principe des directions faisait prévoir.

J'ai donné ailleurs (2) la preuve directe que le crétacé inférieur et

---

(*Bull. de la Soc. géol. de France*, 2e sér., t. XXII, p. 498, pl. V, fig. 3).

(1) *Mém. Soc. géol. de France*, 2e sér., t. VI, 2e part., p. 432 (n° 2, p. 224).

(2) F. Garrigou, *Bull. Soc. géol. de France*, t. XXII, p. 508. — Ibid., *id.*, 2e sér., t. XXIII, p. 419 et suiv. — L'abbé Pouech, *id.*, 2e sér., t. XIX, p. 564.

le turonien fossilifères étaient séparés l'un de l'autre stratigraphiquement tout aussi bien que paléontologiquement dans les vallées de Celles, de Lherm et de Pradières. Les grandes failles et fractures orientées N. 27° O. entament seulement le crétacé inférieur, tandis que le turonien ne paraît pas avoir été coupé ou plissé suivant ce système de directions, fait qui concorde parfaitement avec la discordance de stratification entre les deux terrains.

La discordance de stratification peut même être mise en évidence par l'étude des directions des couches, bien que l'analyse de ces directions paraisse au premier abord très-compliquée. A la grotte de Lherm, point sur lequel vient passer la parallèle au mont Viso menée par Ax, les couches crétacées inférieures offrent la direction O. 10°, N. très-peu différente de celle des Pyrénées. Du haut des rochers, parmi lesquels se cache l'entrée de la caverne, on voit s'aligner avec une régularité parfaite les crêtes du terrain nummulitique sur une très-grande longueur. On est sur un point où le soulèvement des Pyrénées a agi avec une intensité prédominante qui a effacé les traces des directions primitives. Mais, en s'éloignant un peu de l'axe de ce grand accident pyrénéen, on retrouve les traces de ces orientations antérieures. Ainsi, en descendant dans la vallée de Pradières, on observe dans les roches du lias et de la craie inférieure diverses orientations O. 40° N., N. N. O. et même N. 35° O.

En suivant les couches jusqu'au mont Saint-Sauveur, on voit le grand plissement vertical s'aligner sur l'O. 40° à 45° N., direction qui ne peut probablement pas être attribuée au soulèvement des Pyrénées seul. En effet, si l'on mène la bissectrice de l'angle formé par les directions du mont Viso et des Pyrénées, elle tombe à peu près à l'O. 40° N. Je pense en conséquence que la direction, anormale en ce point, des couches du lias et du terrain crétacé inférieur, est une résultante de la direction du mont Viso que les couches avaient primitivement et de la direction du soulèvement des Pyrénées qui est venu les troubler après coup.

Il me paraît donc résulter de mes recherches antérieures et des considérations dans lesquelles je viens d'entrer actuellement, qu'après le dépôt des couches de la craie inférieure le soulèvement du mont Viso a exercé sur la bande de terrain que je viens de définir une action énergique dans le sens N. 27°, O. Tout le système de fentes parallèles et de failles qui recoupent tous les terrains anciens jusqu'à et y compris le crétacé inférieur, suivant cette direction N. 27° O., serait contemporain du soulèvement du mont Viso.

J'ai indiqué plus haut que ce système de failles et de fractures est on ne peut plus développé à Ax, et que ce sont des fractures orientées N. 27° O. qui dans deux cas donnent issue à des griffons d'eau sulfureuse, derrière les Canons et à l'ouest de l'hôtel Boyé. L'ensemble des griffons du Teich et des Canons se trouve sur une même ligne ayant cette orientation. Quand on peut voir sur certains points de la roche de Rivelasse à Ax, sur les bords de la rivière d'Ascou, des fractures se croisant, on remarque que les nombreuses fractures O. 32°, N. sont rejetées par les fractures plus récentes N. 27°, O. (fig. 4).

Système du mont Viso à Luchon. — Je vais donner un rapide aperçu des accidents attribuables au système du mont Viso à Bagnères-de-Luchon (1). C'est dans des granites à grandes parties semblables à ceux d'Ax, mais en différant cependant par la présence de minéraux amphiboliques nombreux à Luchon, que naissent les sources sulfureuses de cette station. Elles sourdent au pied de la montagne de super-Bagnères sur le trajet d'une ligne orientée N. 27°, O. et passant par le sommet du Néthou où elle aligne les trois pics du Néthou (3404 mètres), du Milieu (3354 mètres) et de la Maladetta (3312 mètres). De larges failles ayant l'orientation exacte du mont Viso servent d'issue à un certain nombre de sources sulfureuses; beaucoup d'autres naissent dans des fractures moins ouvertes que les précédentes, mais toujours orientées de même.

Ces faits, que je veux énoncer simplement dans le mémoire actuel, sont visibles et faciles à étudier dans les galeries percées par M. François pour faire ses travaux de recherche. Les galeries de drainage et de recoupement sont principalement intéressantes à étudier.

2° *Accidents qui se rattachent au soulèvement des Alpes occidentales.* — Le système de failles N. 24° E. est le moins important dans la zone d'Ax. Ce système n'est autre que celui des Alpes occidentales de M. Élie de Beaumont rapporté à Ax. Voici les principaux traits de son action dans la région qui nous occupe.

1° Une parallèle à ce système menée à Ax aligne les escarpements qui bordent la rive gauche de l'Ariége en amont de cette

(1) Dans l'aperçu géologique sur Ax, inséré dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* au nom de Louis Martin et au mien, existe déjà une description rapide de la géologie de Luchon. Je me propose de donner des détails complets dans une prochaine publication.

ville. Cette partie de la vallée décrite comme offrant dans son ensemble l'aspect d'une courbe est formée en réalité de deux segments parallèles dirigés N 24° E., dont l'écart comparé au rejet d'un filon est d'environ 3 kilomètres (Pont de Berduquet). Le dernier segment, en arrivant à Ax, s'infléchit parallèlement au mont Viso, puis se détourne brusquement pour suivre la direction O. 32° N. Cette ligne passe sur les nombreuses failles parallèles du granite d'Ax. Prolongée vers le nord-est par les villages de Prades et de Comus sur le versant sud-est du Saint-Barthélemy, elle dessine le cours de la vallée sauvage de la Frau descendant vers Fougax et Belesta.

2° Une parallèle menée à Tarascon aligne assez bien la vallée de Siguer, celle de Niaux, et trace la vallée de l'Ariége entre Tarascon et Montoulieu. Elle forme la limite orientale du massif granitique de Lapège, et entame profondément celui de Tarascon après avoir aligné la vallée de Niaux.

3° Une parallèle à cet accident des Alpes occidentales menée par le sommet du pic Carlitte, point orographique très-important, aligne 6 kilomètres de crêtes divisoires des eaux, entre les pics de la grande et de la petite Porteille d'Orlu, séparant la vallée de l'Ariége de celle du Capsir. Elle suit la petite vallée de la Bruyante, et va passer tout près de la station sulfureuse d'Usson, en un point où l'Aude se détourne à son approche pour suivre sa direction.

3° *Accidents qui se rattachent au soulèvement du Thüringerwald et du Morvan.* — Ces rapides indications permettent de passer au système O. 32°, N., système beaucoup plus ancien et que je considère comme identique avec le système du Thüringerwald et du Morvan, que M. Élie de Beaumont place à la fin de l'époque triasique. Cette détermination repose sur les faits suivants.

1° La direction du système du Thüringerwald transporté à Ax est précisément de O. 32°, N. Les directions les plus voisines sont celles du Morbihan O. 41°, à 42°, N., et celles des Pyrénées O. 18°, N. Ces divergences sont considérables par elles-mêmes ; de plus, le soulèvement du Morbihan est anté-silurien, et je ne pense pas qu'on puisse assigner un âge aussi reculé aux terrains affectés par les accidents O. 32°, N. Quant au système des Pyrénées, aucune confusion n'est possible à cet égard.

2° La détermination directe de l'âge géologique de ce soulèvement n'est pas très-facile dans l'Ariége, car le trias y est peu développé et y offre des particularités qui compliquent la question. Mais, dans le département des Basses-Pyrénées, le système du Thüringerwald est très-développé et a produit les traits les plus sail-

lants du relief géologique de la partie occidentale de ce département. Là, me guidant avec les travaux inédits de L. Martin, j'ai pu déterminer son âge avec précision, il y a quelques mois à peine, et je puis dire avec certitude qu'on retombe sur l'époque assignée par M. Élie de Beaumont.

Il est vrai qu'on se trouve à une distance énorme du cercle de comparaison (1200 kilomètres à partir du pic du midi d'Ossau), mais M. Élie de Beaumont a cité des cas d'éloignement plus grands encore pour des chaînes importantes (1), ce qui n'empêchait pas les déterminations d'être parfaitement exactes. De plus, l'espace intermédiaire est occupé par les accidents parallèles du Morvan, où ce système domine, et par ceux de la Creuse, qui ont été signalés par M. de Cessac (2).

Les phénomènes qui se rattachent dans l'Ariége au soulèvement du Thuringerwald sont groupés le long d'un axe unique qui les aligne exactement. Cet axe est formé par une ligne dirigée vers l'O. 32°, N., menée par Ax.

Cette ligne dessine de la façon la plus remarquable toute la partie rectiligne de l'Ariége comprise entre Ax et Bouan et le prolongement, rectiligne aussi, que l'étroite vallée d'Orlu donne à la vallée de l'Ariége. J'ai déjà signalé ce trait caractéristique dans mon aperçu géologique du bassin de l'Ariége (3). Dans les environs des Cabannes et d'Aston la stratification des micaschistes et des schistes argileux est souvent orientée comme la ligne que je décris. Souvent des accidents qui lui sont parallèles, failles et fractures, recoupent les schistes jusqu'à Bouan. Là, commencent les terrains secondaires qui se continuent jusqu'à l'ouest de Tarascon; avec ces terrains disparaissent les accidents du Thüringerwald qui sont remplacés par d'autres plus récents. Mais ceux-là reparaissent dans les terrains anciens entre Tarascon et Banat, point dans lequel la vallée reprend la direction O. 32°, N. Les calcaires et marnes secondaires occupent encore tout l'intervalle entre Banat, Rabat et Saurat, et sont fracturés suivant des lignes d'un autre âge signalées plus haut, N. 27° O. Les vallées d'Arnave à l'est de Tarascon et d'Arignac, au nord de la même localité, contenant des gisements de gypse, sont alignées suivant la même direc-

---

(1) Notamment pour le système des Ballons et de la chaîne des monts Timan (*Systèmes de montagnes*, t. I, p. 255).

(2) De Cessac, *Esquisse géologique du département de la Creuse* (*Bull. Soc. géol. de France*, 2e sér., t. XIX).

(3) *Bull. Soc. géol. de France*, 2e sér., t. XXII.

tion du système que je décris. La dernière vient s'ouvrir dans la vallée du Saurat.

Dès que l'on rentre après Saurat dans les terrains inférieurs aux calcaires secondaires, on voit apparaître de nouveau une série de faits orographiques indiquant la présence de l'axe du Thüringerwald. Ainsi, 2 kilomètres et demi à l'ouest de la localité que je viens de nommer, le ruisseau le Saurat se détourne pour suivre la direction O. 32°, N., jusqu'au Col de Port. De ce point jusqu'au nord de Riverenert s'alignent dans le même sens une série de crêtes saillantes et venant finir aux bords du trias qu'entament de nombreux accidents du Thüringerwald dans le prolongement même de l'axe que je poursuis. Le terrain jurassique du Saint-Gironnais repose en ce point sur le grès rouge, et l'absence, dans le premier de ces terrains (le jurassique), des fractures et des failles qui ont entamé le second (le trias), me permet de dire avec certitude que l'axe du soulèvement que je décris appartient bien au Thüringerwald, qui, d'après M. Élie de Beaumont se serait produit entre l'époque jurassique et triasique, avant le dépôt des terrains de la première, après la formation des couches de la seconde.

J'ai annoncé ailleurs que dans le trias du Saint-Gironnais, entre Labastide de Sérou et Lacour, reposant sur le grès rouge et ayant au-dessus de lui une formation de marnes irisées, existait un terrain particulier composé d'alternances de gypse et d'ophite, signalé pour la première fois par M. Virlet d'Aoust. Je suis plus convaincu que jamais, après des études nouvelles, que ce terrain, très-développé en ce point des Pyrénées, occupe bien dans le trias la place du muschelkalk que lui assigne M. Virlet. Sa présence en ce point va me permettre de poursuivre la ligne menée depuis Ax dans la direction O. 32° N. jusqu'au milieu de la plaine, pour ainsi dire, et des terrains tertiaires.

En effet, disparus dans tout l'espace du pays occupé par les terrains secondaires, depuis le sud de Lescure jusqu'au sud de Betchac et de Bajert, les accidents du Thüringerwald reparaissent dès qu'on rentre dans les terrains à gypse et à ophite des environs de ces deux localités. Ils alignent la vallée de la Lenz et ses collatérales jusqu'aux environs de Cassagne. Comme pour compléter la démonstration du fait que j'avance, il existe dans cette région, entre Espancoussés (1) et un lieu dit Jourdain, des pointements de

---

(1) *Bull. Soc. géol. de France*, 2e sér., t. XIX, Réunion à Saint-Gaudens, p. 1113.

granite surmonté de schistes siluriens qui supportent eux-mêmes les terrains à ophite et à gypse si développés en ce point et occupant une position inférieure aux dolomies et aux calcaires jurassiques qui les recouvrent, au-dessus desquels enfin se développent les grès turoniens surmontant le crétacé inférieur.

Ainsi donc, dans un espace très-réduit des environs de Salies, existe un fait géologique des plus remarquables, loin du centre même de la chaîne des Pyrénées : c'est l'existence d'un bombement de toute la série des terrains depuis le granite jusqu'aux étages secondaires supérieurs et même tertiaires. Parmi ces terrains le trias représenté par un membre de la formation, *les ophites et les gypses*, *occupe une étendue fort considérable* à l'extrémité nord-ouest de l'un des axes de soulèvement les plus considérables du Thüringerwald que l'on puisse étudier dans la région pyrénéenne.

Un fait très-intéressant à citer encore, est le suivant.

Si l'on prolonge la ligne O. 32° N. à partir d'Ax vers les Pyrénées orientales, elle va couper la vallée de la Tet sur les sources même de Canaveilles en suivant d'immenses failles dans cette région, passe tout près des eaux du Vernet et au sommet du Carrigou (2785 m.); elle aligne enfin d'une façon remarquable le trias d'Amélie-les-Bains avec ses gypses accompagnant le grès rouge, sans produire d'accidents parallèles dans les terrains secondaires développés aux environs de cette station thermale.

Ainsi donc cet axe du Thuringerwald serait limité à ses deux extrémités nord-ouest et sud-ouest par un redressement du trias, et sur son passage il n'aurait produit d'accidents géologiques que dans ce terrain et dans ceux qui lui sont inférieurs. Les terrains secondaires semblent exempts de failles et de fractures qui puissent lui être attribuées.

Conséquences des faits précédents. — Si maintenant, au lieu de considérer les rapports de ressemblance qui unissent Ax et Luchon au point de vue chimique, nous examinons les dissemblances qui les distinguent, et si nous trouvons une particularité importante qui différencie Ax de Luchon pour rapprocher les sources d'Ax de celles des Pyrénées orientales, serait-ce une hypothèse trop téméraire que d'attribuer ce phénomène inattendu à l'existence du grand accident géologique qui établit une ligne d'union naturelle entre Ax et les eaux des Pyrénées orientales ? Ne verra-t-on pas là une de ces élégantes vérifications dont nous parlions en commençant, offerte par l'étude des sources thermales à la théorie des soulèvements.

Caractères chimiques qui éloignent les eaux d'Ax de celles de Lu-

chon pour les rapprocher des eaux des Pyrénées orientales. — Pour expliquer le phénomène dont il s'agit, il est indispensable de donner quelques explications préalables.

Nous savons qu'au point de vue chimique les sources d'Ax et celles de Luchon offrent les points de *rapprochement* suivants : *sulfurées-sodiques* les unes et les autres, elles contiennent en notable proportion de l'*acide sulfhydrique* libre, caractère éminemment distinctif. Cet acide sulfhydrique encroûte de dépôts de soufre cristallisé les caniveaux et les conduits où circule l'eau minérale. Le phénomène du *blanchiment*, bien connu à Luchon, est reproduit à Ax par le *bleuissement* de certaines sources.

Les *différences* sont les suivantes : bien que la minéralisation totale soit sensiblement la même, la sulfuration des eaux d'Ax est beaucoup moins élevée ; le dégagement d'acide sulfhydrique y est moins intense ; enfin, et surtout, les eaux d'Ax diffèrent de celles de Luchon par leur *alcalinité*. J'entends parler ici de l'alcalinité due au carbonate et au silicate de soude contenus dans l'eau minérale et indépendamment de l'alcalinité due à la présence du sulfure de sodium. M. Filhol a montré l'importance de ces sels alcalins dans l'eau minérale et donné le moyen de les rechercher et de les doser (1). Il a montré que, pour les sources de Luchon, l'alcalinité était nulle ou très-faible, de telle sorte que l'essai sulfhydrométrique fait avec ou sans addition de chlorure de baryum donne à peu près les mêmes résultats. Les eaux d'Ax sont au contraire fortement alcalines. Ce caractère différentiel est même le seul auquel il faille attacher quelque importance. En effet, la sulfuration varie dans des limites très-étendues pour les diverses sources des groupes que je passe en revue ; et, quant à la proportion d'acide sulfhydrique libre, comme les eaux de Luchon sont captées dans la roche et que celles d'Ax font un trajet assez long dans les alluvions, on pourrait voir là une raison suffisante pour que cette proportion fût moindre à Ax, indépendamment de la richesse moindre en principes sulfureux. Cependant, je crois que si ce long trajet des sources d'Ax dans les alluvions peut en partie expliquer la moindre quantité d'hydrogène sulfuré, des motifs géologiques, que je n'ai pas encore suffisamment étudiés pour les faire connaître, sont la cause dominante de ce phénomène.

Pour donner une idée de l'importance numérique : 1° des différences que présentent, au sujet de l'alcalinité, les eaux d'Ax et de Luchon ; 2° des ressemblances qui existent au même point de vue

(1) Filhol, *Eaux minérales des Pyrénées*, p. 100 et suiv.

des sels alcalins entre les eaux d'Ax et celles des Pyrénées orientales, je mentionnerai ici les résultats obtenus par M. Filhol (1).

Comme le carbonate de soude et le silicate de soude absorbent de l'iode dans l'essai sulfhydrométrique, il a pris pour premier point de comparaison l'erreur que l'on commettrait en calculant le sulfure de sodium d'après la quantité brute de l'iode absorbé. Il a trouvé que cette erreur, *nulle pour les sources de Luchon*, à moins que l'on n'emploie une liqueur décime, est représentée par les chiffres suivants :

1° A Ax. — *Établissement du Teich.*

Source Viguerie.	12 0/0
— Quod.	19
— Saint-Roch (à droite).	5
— Saint-Roch (à gauche).	59
— de la Pyramide.	37
— Eau bleue.	20
— Astrié.	17

Établissement du Couloubret.

Source de la Gourguette.	58 0/0
— Bain fort (à la baignoire).	14

Sources sur la voie publique.

Source du Rossignol supérieur (à la douche). . .	46 0/0
— du Rossignol inférieur.	27
— des Canons.	30

Établissement Sicre.

Source Fontan.	23 0/0
— n° 6.	71
— Petite sulfureuse.	14
— de la Pyramide.	15
— de l'étuve ou Hardy.	40

2° A Moligt (Pyrénées-Orientales).

Source Llupia.	15 0/0
— n° 2.	33

(1) Filhol, *Recherches sur l'alcalinité comparée des eaux sulfureuses des Pyrénées* (*Mém. de l'Acad. des sciences de Toulouse*, 5e sér., t. III, p. 46-62).

Amélie (Pyrénées-Orientales).

Source Veres.	7 0/0
— Amélie.	41

Vernet (Pyrénées-Orientales).

Source Aglaé.	11 0/0
— des anciens Thermes.	34

M. Filhol a en outre mesuré le titre alcalimétrique de ces eaux, et, en évaluant la quantité de carbonate de soude anhydre équivalant à la quantité de sels à réaction alcaline contenue dans un litre d'eau, il a trouvé que ce poids de carbonate variait à Luchon depuis $0^{gr},0255$ jusqu'à $0^{gr},0379$, à Ax, depuis $0^{gr},0632$ jusqu'à $0^{gr},0800$, dans les eaux des Pyrénées orientales (à part Olette non encore analysée), depuis $0^{gr},0816$ jusqu'à $0^{gr},1481$.

Ces chiffres servent à faire voir combien l'alcalinité différencie les eaux d'Ax et de Luchon, et combien elle rapproche celles d'Ax et des Pyrénées orientales.

Au point de vue minéralogique je n'ai signalé qu'une seule différence entre les deux gisements thermaux d'Ax et de Luchon : c'est la présence de l'amphibole en quantité plus considérable dans la région de Luchon que dans celle d'Ax. Je puis ajouter aussi que les régions des Pyrénées orientales dans lesquelles sourdent les eaux sulfureuses sont occupées par une roche quartzifère, porphyroïde, sorte d'elvan qui contient quelquefois une substance chloritée et serpentineuse de la famille des amphiboles, mais aussi plus répandue que l'amphibole à Ax (1).

On ne voit pas bien, à priori, la relation qu'il pourrait y avoir entre ce phénomène et la différence des titres alcalimétriques. Mais, pour être sûr de ne point préjuger légèrement une question aussi délicate, j'ai comparé, au point de vue de leur richesse en magnésie, les diverses stations dont je parle. Voici les éléments de cette comparaison, où je fais figurer le poids de magnésie anhydre contenu dans un litre d'eau et le poids total des éléments salins contenus sous le même volume.

---

(1) L'amphibole et la serpentine sont des roches éminemment magnésiennes.

NOM DES STATIONS.	NOM DES SOURCES.	Magnésie anhydre par litre.	Poids total des sels par litre.	AUTEURS des analyses.
		gr	gr	
Luchon	Azémar	0,0045	0,2811	Filhol.
	Blanche	0,0021	0,2529	Id.
	Grotte supérieure	0,0018	0,2559	Id.
	Reine	0,0015	0,2311	Id.
	Bayen	0,0009	0,2270	Id.
	Richard supérieur	traces.	0,2577	Id.
	Ferras supérieur, n° 2	traces.	0,2002	Id.
	Grotte inférieure	traces.	0,2564	Id.
Ax	Bain fort	0,0009	0,2728	Garrigou.
	Canons	0,0002	0,2655	Id.
	Viguerie	0,0002	0,2614	Id.
Amélie-les-Bains	Grand Escaldadou	0,0001	0,3059	Anglada.
	Menjolet	0,0002	0,2170	Id.
Moligt	....	0,0001	0,2101	Id.
Vernet	N° 1, anciens Thermes	traces.	0,2258	Id.
Olette	....	traces.	0,4315	Bouis.

Ce tableau montre, malgré des variations très-grandes d'une source à l'autre, que le caractère commun de toutes ces eaux est d'être *très-pauvres en magnésie*. La source Azémar, exceptionnellement riche par rapport aux autres, ne contient en magnésie que 1,6 pour 100 du poids total des sels qu'elle renferme. Or, si la prédominance de l'amphibole dans les roches de la région de Luchon et la faiblesse du titre alcalimétrique de ces eaux étaient deux faits liés entre eux par une connexité quelconque, il est fort probable que la magnésie jouerait un rôle différent dans les eaux d'Ax et dans celles de Luchon.

J'ajouterai comme nouveau caractère indiquant Ax comme intermédiaire entre Luchon et les Pyrénées orientales : que les diatomées, qui sont on ne peut plus abondantes dans les barégines des eaux des Pyrénées orientales, n'existent pas dans celles des eaux de Luchon, et que les barégines d'Ax en contiennent un nombre inférieur à celles qu'on trouve dans les dépôts organisés des eaux sulfureuses d'Olette, de Moligt, du Vernet, etc. C'est M. le professeur Filhol qui a fait cette remarque que j'ai plusieurs fois vérifiée.

Explication géologique des faits chimiques précédents. — J'ai montré d'une part, que les eaux d'Ax et de Luchon sont liées entre elles au point de vue chimique par la présence de l'acide sulfhydrique libre et par le phénomène du blanchiment, d'autre part, que l'alcalinité, nulle à Luchon, rapproche les eaux d'Ax de celles des Pyrénées orientales. J'ai fait voir aussi, d'abord, que les sources de Luchon et celles d'Ax sortent d'un granite identique et sillonné dans les deux localités de grandes

failles et fractures orientées N. 27° O. (système du mont Viso), et donnant issue aux principales sources ; de plus, j'ai pu relier les eaux d'Ax et celles des Pyrénées orientales par un accident géologique immense, ayant produit une série de failles, de fractures, de dislocations de tout genre sur *une même ligne* orientée O. 32° N. (système du Thüringerwald).

Dès lors, comment ne pas voir dans le phénomène géologique la raison d'être du fait chimique (1)?

Du reste, l'explication actuelle que je propose, et que j'avais déjà proposée avec Louis Martin, doit rester dans des termes d'une généralité assez large, etc. Il serait inutile pour le moment de chercher à préciser davantage le mécanisme de cette espèce de relation souterraine dont Ax paraît un centre *différentiel*. Mais la connexion de ces phénomènes me paraît établie avec une grande probabilité.

Croisements des lignes de fracture des terrains. — Ce que j'ai dit jusqu'ici m'amène à quelques considérations générales sur le gisement des sources thermales de la chaîne des Pyrénées. Je puis dire déjà, me réservant de le prouver pour chaque groupe, comme je viens de le faire pour Ax, que chacun des groupes de sources sulfureuses était en relation directe avec un système de fissures parallèles, se rattachant à un soulèvement d'âge déterminé. Mais les sources ne sont pas placées indifféremment en un point quelconque de ce système de fissures. Leurs positions sont déterminées par les intersections de ce système de plans avec d'autres plans appartenant à des systèmes différents. Chaque station thermale se trouve ainsi placée aux points de croisement des accidents de fracture les plus importants. On conçoit, en effet, immédiatement,

(1) Je dois dire que la médecine vient complétement confirmer la position chimique et géologique intermédiaire que j'assigne à Ax entre les eaux de Luchon et celles des Pyrénées orientales. En effet, d'après les faits publiés jusqu'à ce jour, je puis dire qu'à Luchon on traite avec avantage incontestable les maladies syphilitiques et toutes les maladies chroniques en général qui ne réclament pas l'emploi des alcalins. Dans les eaux des Pyrénées orientales (à part Amélie-les-Bains, dont je montrerai plus tard la ressemblance avec Ax) on guérit ou l'on améliore des maladies rebelles à Luchon, les affections de la vessie, du foie, de la peau, et les états morbides qui réclament l'usage des alcalins à haute dose. A Ax, nous guérissons ou modifions profondément les syphilis traitées par le mercure, mais incomplétement guéries; les scrofules et les affections cutanées rebelles à Luchon sont notre triomphe. Les eaux de Luchon, par leur acide sulfhydrique conviennent en outre à la phthisie, bien mieux que celles d'Ax.

qu'à travers l'écorce solide du globe ces *étoilements* offrent les points naturels de plus facile émergence.

Ax est donc un des exemples les plus frappants à l'appui de cette remarque. J'ai montré, en effet, que cette station thermale était placée à l'intersection de trois grandes lignes d'accidents appartenant respectivement aux systèmes du mont Viso, du Thürin gerwald et des Alpes occidentales.

Je pourrais fournir un grand nombre d'exemples de ce genre; mais en le faisant je m'écarterais trop du but que je me suis proposé dans ce mémoire, l'étude de la station d'Ax. Le principe que je viens de développer est d'ailleurs d'une simplicité qui le rend presque évident. Il montre qu'une étude approfondie de toutes les lignes de fractures qui sillonnent une région disloquée comme la région pyrénéenne peut, si elle est convenablement discutée, donner la clef du mécanisme souterrain des eaux thermales et jeter quelque jour sur l'importante question de leur origine.

Réseau des lignes de fracture et de soulèvement. — Si l'on rapportait sur la carte exacte d'un pays bien étudié géologiquement les lignes de fracture et de soulèvement, on verrait ces lignes former un réseau dans lequel tous les croisements correspondraient aux points géologiques intéressants. Ces points remarquables seraient d'ailleurs de différentes espèces. Les uns correspondraient aux stations thermales, les autres aux points culminants du relief orographique; d'autres enfin feraient bien voir que les lignes de fractures survenant à la fin de la période triasique, par exemple, ne se sont pas généralement croisées dans des terrains post-triasiques par des lignes de fracture d'époque plus récente que le trias, mais seulement dans des terrains, soit triasiques, soit antétriasiques.

M. Élie de Beaumont a montré depuis longtemps combien la considération des pics élevés et du relief physique pouvait être utile dans l'étude des soulèvements. Je n'ai pu par conséquent négliger les observations de ce genre et j'ai montré que, dans la région des Pyrénées qui vient de m'occuper, les points culminants importants au sujet que je traite sont venus se placer sur l'intersection de différentes lignes de fracture. J'ajouterai pour compléter, que le pic de Carlitte, par exemple (2921 mètres), au sud-est de la région d'Ax, se trouve à l'intersection de plusieurs lignes de fracture parmi lesquelles les plus importantes sont orientées sur le Hundsrück (E. 35° N.) (1), le Thüringerwald (O. 31° N.), le mont Viso

(1) Toutes les directions que je donne ont été calculées par Louis

(N. 27° O.), les Alpes occidentales (N. 23° E.), et les Alpes principales (E. 18° N.). — Le pic Saint-Barthélemy (2348 mètres) au nord-est d'Ax se trouve à l'intersection des lignes de soulèvement qui suivent : Hundsrück, Thüringerwald, côte d'Or (E. 42° N.), mont Viso, Pyrénées (E. 18° N.), Alpes occidentales ; — le pic d'Estats (3141 mètres) et le mont Calm (3089 mètres) à l'ouest d'Ax marquent l'intersection des lignes suivantes : Hundsrück, Ballons (O. 11° N.), côte d'Or, mont Viso.

Quant aux lignes mêmes qui formeraient les côtés des mailles polygonales du réseau ainsi obtenu, elles serviraient à représenter, soit la figure des vallées, les alignements des crêtes, en un mot les traits du relief, soit les principales délimitations des formations géologiques et les systèmes des filons.

Je crois donc qu'avec une carte géologique sur laquelle les reliefs sont aussi exactement dressés que sur la carte de France faite par l'état-major, il est possible à un géologue déjà expérimenté, lorsqu'il a sous les yeux un relief représentant un ensemble géologique complet (des terrains anciens jusqu'aux récents), de délimiter grossièrement, d'après la direction des crêtes, les terrains différents. Je citerai comme exemple du fait que j'avance le carré de la carte d'état-major de Foix sur lequel on peut lire à première vue la limite des terrains antépyrénéens, pyrénéens et postpyrénéens.

L'idée des lignes de croisement que je viens d'exposer ici n'est d'ailleurs pas nouvelle. C'est tout simplement la réduction de la grande idée que M. Élie de Beaumont a appliquée à l'étude de la croûte terrestre tout entière, quand il a fondé la théorie des soulèvements.

Conclusions. — Je terminerai ce travail par un résumé succinct des principaux résultats que j'ai cherché à établir.

1° Il est probable que les roches éruptives proprement dites n'ont pas joué dans les phénomènes métamorphiques un rôle aussi considérable qu'on a bien voulu le dire jusqu'à présent. Les eaux thermo-minérales sans doute ont métamorphisé bien des roches, soit argileuses, soit calcaires, après leur dépôt sous forme de terrains stratifiés, ce qui permet d'expliquer : 1° l'absence de bouleversements inévitablement arrivés dans ces terrains, s'ils avaient été, comme on le dit ordinairement, repris et remaniés par le feu central ; et 2° le passage insensible des roches les unes aux autres et leur stratification. Les sources thermales qui ont produit ces

---

Martin, de manière à rapporter parallèlement à elles-mêmes dans les Pyrénées les directions primitives données par M. Élie de Beaumont.

phénomènes métamorphiques sont arrivées au jour par des fissures orientées suivant des directions parfaitement déterminées, et ont eu plusieurs phases dans la production des phénomènes métamorphiques.

2° Le système de soulèvement du mont Viso survenu entre le dépôt de la craie inférieure et celui de la craie supérieure a exercé dans la région pyrénéenne une action considérable. D'une part, les couches de la craie inférieure ont reçu des orientations qui ont été plus tard profondément modifiées par d'autres soulèvements, mais dont il est encore possible de retrouver la trace, d'autre part, tous les terrains plus anciens que la craie supérieure ont été recoupés par un système de failles parallèles et dirigées vers le N. 27° O.

3° Ces failles parallèles, souvent très-multipliées, ont servi de conduits à des eaux thermo-minérales ayant probablement une certaine analogie avec les eaux actuelles de Luchon, d'Ax et des Pyrénées orientales. Ces eaux minérales ont produit à diverses époques et de nos jours encore à Ax (terrain de tapp) des phénomènes métamorphiques très-curieux.

4° Autour d'Ax sont englobées dans ce groupe les sources analogues des Escaldas (Pyrénées-Orientales), de Mérens, de Salies (Ariége).

5° Le soulèvement des Alpes occidentales, qui a exercé une action dans les Pyrénées, s'est manifesté dans la région d'Ax (et aussi de Luchon) par la production d'un autre système de failles dirigées au N. 24° E. et par certains traits orographiques. Ce système n'offre qu'une importance secondaire par rapport à l'étude des sources d'Ax.

Le soulèvement du Thüringerwald, à la fin de l'époque triasique, a modifié le relief du sol des Pyrénées et a produit en particulier un grand accident qui suit aujourd'hui la vallée de l'Ariége, se prolonge d'une part à partir d'Ax jusque sur Amélie-les-Bains où il a donné au trias la direction O. 32° N., d'autre part jusqu'à Salies où le trias est redressé de manière à occuper une large surface. Les accidents O. 32° N. sont fréquents aux environs de Salies. Ainsi, au point de vue purement géologique, on trouve une relation entre Ax et les établissements des Pyrénées orientales placés sur le trajet de l'accident du Thüringerwald entre Ax et Amélie-les-Bains.

7° Au point de vue chimique, le caractère essentiel qui peut servir à distinguer les eaux d'Ax de celles de Luchon et à les rapprocher de celles des Pyrénées orientales doit être tiré de l'alcalinité. Celle-ci, abstraction faite de la réaction alcaline du

sulfure de sodium, est à peu près nulle à Luchon, notable à Ax, très-prononcée dans les eaux des Pyrénées orientales. De même encore Ax se relie à Luchon et se distingue des eaux des Pyrénées orientales (à part Amélie-les-Bains) par la présence de l'acide sulfhydrique libre dans ses sources qui présentent comme à Luchon le phénomène du blanchiment. Ces deux caractères chimiques et physiques ne se retrouvent pas dans les eaux des Pyrénées orientales. On est conduit, dès lors, à chercher l'explication de ces rapprochements et de ces différences dans les phénomènes géologiques qui se rapprochent et qui différencient ces groupes d'eaux sulfureuses.

8° Ax se trouve placé au croisement de trois accidents géologiques importants, parallèles aux trois soulèvements dont il a été question plus haut. Ce principe des croisements paraît s'appliquer d'ailleurs aux points culminants de la chaîne des Pyrénées comme à ses sources thermales. Il peut servir à l'établissement d'un réseau polygonal qui figurerait les lignes de fracture de l'écorce terrestre dans la région pyrénéenne et donnerait un point de départ positif pour l'étude du jeu souterrain des sources thermo-minérales.

Explication de la planche III.

Fig. 1. — D, terrain dévonien rejoint avec celui de l'Aude. S, terrain silurien composé : en A, de schistes argileux alternant avec des calcaires ; en B, d'alternances de schistes noirs et gris visibles à la descente des *gouttières ;* en C, d'une bande calcaire formant le roc de l'Orry d'Ignaux : au-dessus, commencent des schistes argileux et aluno-ferrugineux qui, en 1 au-dessus d'Ignaux, présentent quelques bancs dans lesquels on voit le schiste passer par transition au micaschiste, au gneiss et au granite. Les bancs ainsi transformés, tant le banc 1 que les bancs de 2 à 5, plongent, comme la formation silurienne entière, O. 10° à 15° N., et plongent au N. entre Ignaux, Sorgeat et Ax ; les bancs de granite sont très-marqués en 2, 3, 4. On les coupe en suivant la route de Prades. La bande n° 5, plus épaisse que les précédentes, contient le fameux gisement de mica palmé de la roche dite *Carbonnade*. Au-dessous se dégage le granite en masse, 6, qui forme le fond de la vallée d'Ax et donne issue aux nombreuses sources sulfureuses dans des fractures très-nettes N. 27° O.

Fig. 2. — Coupe N. S. passant sur les trois établissements du Couloubret, du Modèle et du Teich, et montrant la couche de tapp dans les alluvions des deux vallées de l'Ascou et de l'Orlu. J'ai indiqué la couche de tapp par la teinte noirâtre donnée aux alluvions. On voit que la couche de tapp du Teich occupe tout le bas-fond de la vallée et que celle de la vallée de l'Ascou n'occupe que la moitié tout

au plus du fond de la vallée. C'est au côté *n* du bassin des Ladres qu'est l'aqueduc dans lequel j'ai versé le sulfate de fer qui a coloré en noir les sources du Modèle.

FIG. 3. — Divers niveaux de schistes alumineux alternant avec des niveaux de granite, tous deux formant des bandes orientées comme l'ensemble du terrain O. 12° N. Cette coupe est prise à l'est d'Ax. L'observateur qui voudra la suivre sur le terrain verra que le granite et les schistes alumineux passent de l'un à l'autre par des intermédiaires qui montrent jusqu'à l'évidence que le granite ne finit pas brusquement contre le schiste.

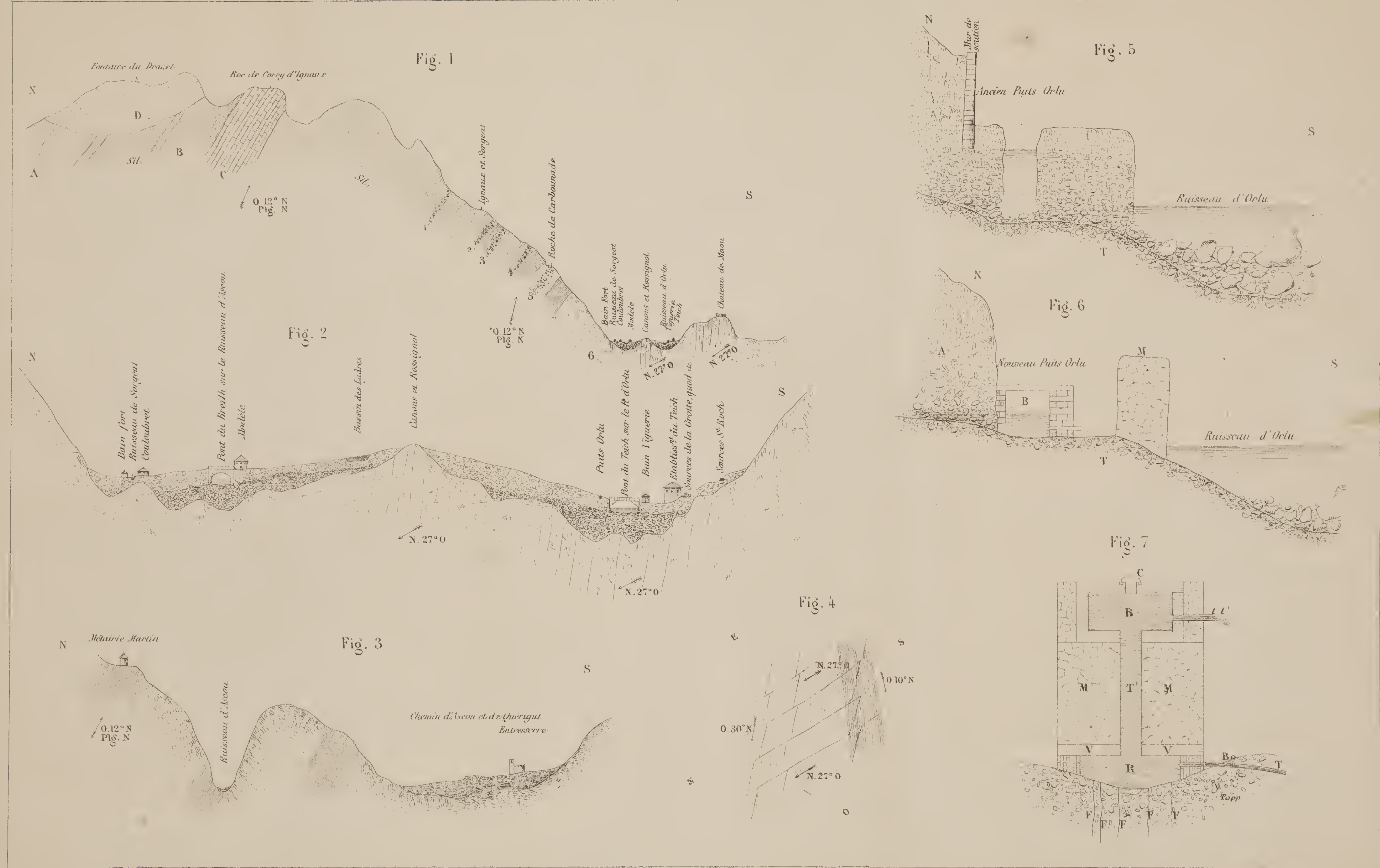
FIG. 4. — Plan pris sur le chemin de Rivelasse, à l'est d'Ax, sur la rive droite de l'Ascou, montrant que les fractures et failles anciennes, O. 30° à 32° N., sont agitées par les fractures et failles, N. 27° O., appartenant à un système plus récent.

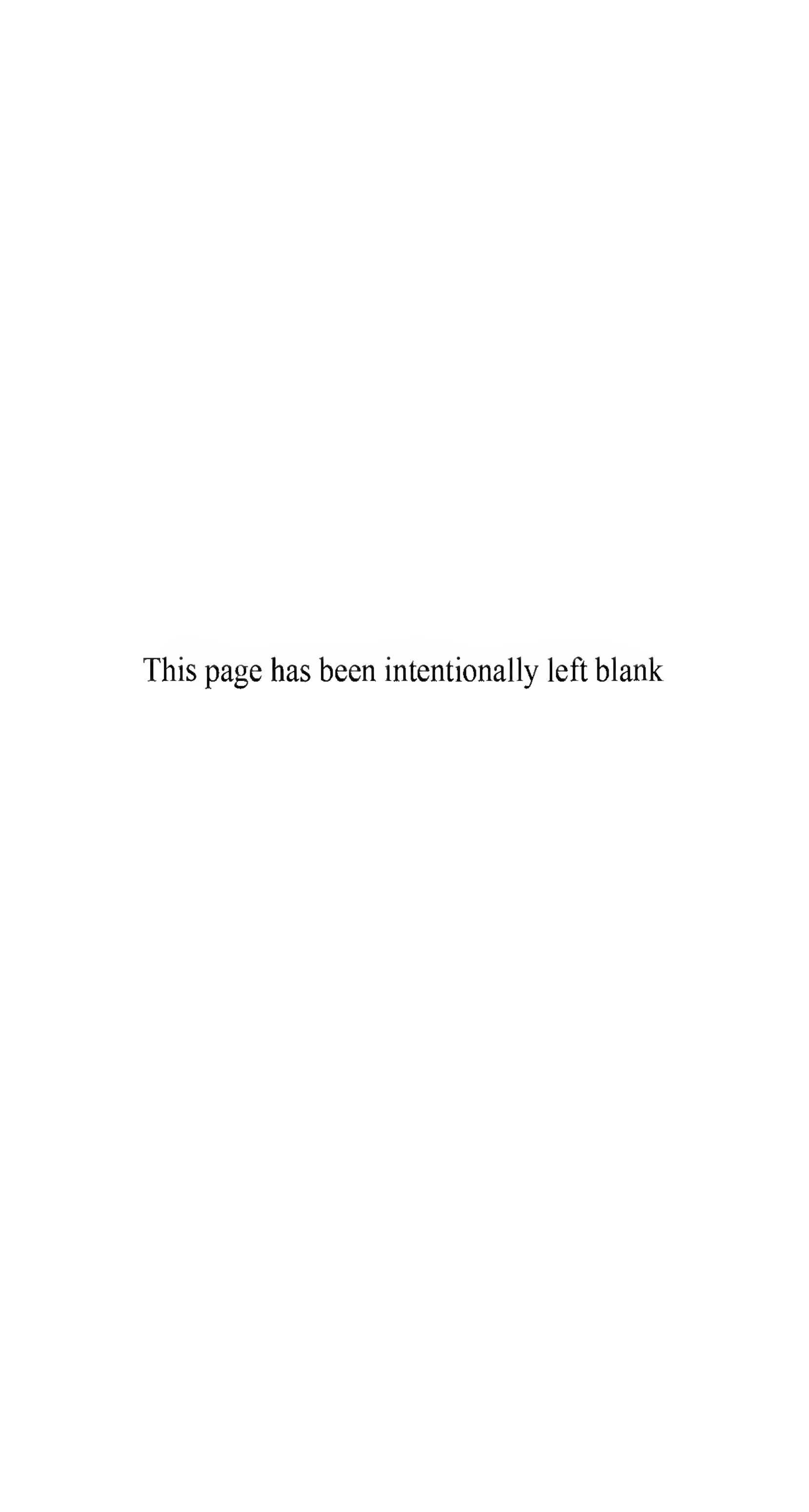
FIG. 5. — L'ancien puits Orlu pendant une crue de la rivière qui a pénétré par imbibition dans les alluvions A et a fait monter le niveau de l'eau sulfureuse dans le puits. T est la couche de tapp à la surface de laquelle coule la source.

FIG. 6. — *Le nouveau puits Orlu* capté dans un bassin de manière à montrer que l'eau coule bien a la surface du tapp et ne vient pas de dessous. A, suit les alluvions. T, le terrain do tapp. M, un mur reposant sur le tapp pour empêcher l'eau du ruisseau d'Orlu de montor jusqu'au bassin de captage B, pendant les grandes crues.

FIG. 7. — *Captage de Viguerie au Teich.* Le tapp est traversé de fissures nombreuses, F F, à travers lesquelles l'eau monte dans un bassin B, muni d'un tuyau d'écoulement T. Ce bassin est voûté par V; du centre de la route monte un tuyau T′ englobé dans une maçonnerie résistante M reposant sur la voûte V et la consolidant. Le tuyau T permet à l'eau de gagner son niveau dans le réservoir supérieur B coiffé d'un couvercle C et duquel elle s'échappe par les tuyaux *t* et *t′* pour alimenter les bains et le serpentin.

Paris. — Imprimerie de E. MARTINET, rue Mignon, 2.


Fig. 1
Fontaine du Drazet
Roc de Corry d'Ignaux
N
D
A
Sil.
B
C
Sil.
O. 12° N
Plg. N
Ignaux et Sorgeat
Roche de Carbounade
S
O. 12° N
Plg. N
Bain fort
Ruisseau de Sorgeat
Couloubret
Modèle
Canons et Rossignol
Ruisseau d'Orlu
Viguerie
Teich
Chateau de Maou
N. 27° O
N. 27° O
Fig. 2
N
Bain fort
Ruisseau de Sorgeat
Couloubret
Pont du Breilh sur le Ruisseau d'Ascou
Modèle
Bassin des Ladres
Canons et Rossignol
Puits Orlu
Pont du Teich sur le R. d'Orlu
Bain Viguerie
Etabliss.t du Teich
Sources de la Grotte quod
Sources St Roch
S
N. 27° O
N. 27° O
Fig. 3
N
Métairie Martin
O. 12° N
Plg. N
Ruisseau d'Ascou
S
Chemin d'Ascou et de Quérigut
Entresserre
Fig. 4
E
S
N. 27° O
O. 10° N
O. 30° N
N. 27° O
O
Fig. 5
N
Mur de soutien
Ancien Puits Orlu
A
S
Ruisseau d'Orlu
T
Fig. 6
N
A
Nouveau Puits Orlu
B
M
S
Ruisseau d'Orlu
T
Fig. 7
C
B
t t'
M
T'
M
V
V
R
Ba
T
Tapp
F
F°
F
F
F



This page has been intentionally left blank

Date Due

Demco 293-5

